

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005年10月20日 (20.10.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/098250 A1

(51) 国際特許分類⁷:
H02K 5/167, 7/08, G11B 19/20

F16C 17/04,

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 林 達也 (HAYASHI, Tatsuya) [JP/JP]; 〒5110811 三重県桑名市大字東方字尾弓田 3066 NTN 株式会社内 Mie (JP). 川瀬 達夫 (KAWASE, Tatsuo) [JP/JP]; 〒5110811 三重県桑名市大字東方字尾弓田 3066 NTN 株式会社内 Mie (JP). 楠 清尚 (KUSUNOKI, Kiyotaka) [JP/JP]; 〒5110811 三重県桑名市大字東方字尾弓田 3066 NTN 株式会社内 Mie (JP). 柴原 克夫 (SHIBAHARA, Katsuo) [JP/JP]; 〒5110811 三重県桑名市大字東方字尾弓田 3066 NTN 株式会社内 Mie (JP). 古森 功 (KOMORI, Isao) [JP/JP]; 〒5110811 三重県桑名市大字東方字尾弓田 3066 NTN 株式会社内 Mie (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/004772

(22) 国際出願日: 2005年3月17日 (17.03.2005)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2004-100032 2004年3月30日 (30.03.2004) JP
特願2004-149583 2004年5月19日 (19.05.2004) JP

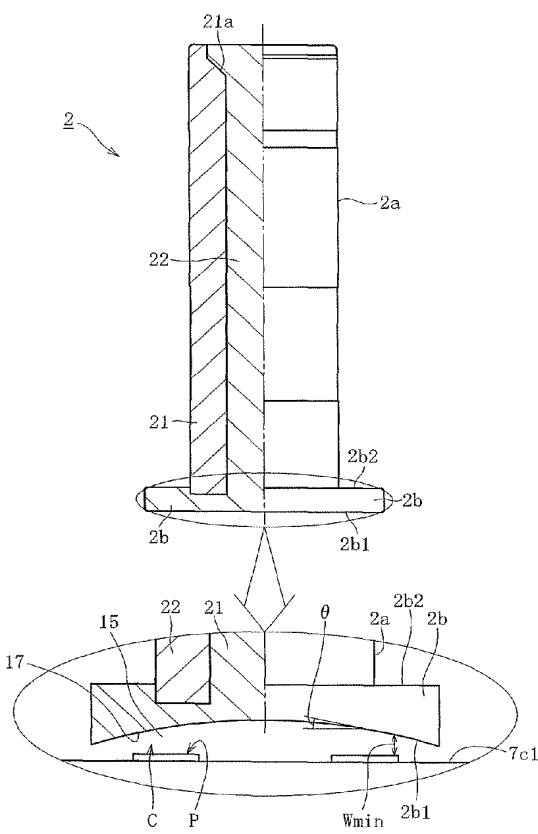
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): NTN 株式会社 (NTN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号 Osaka (JP).

(74) 代理人: 江原省吾, 外 (EHARA, Syogo et al.); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目15番26号 江原特許事務所 Osaka (JP).

/ 続葉有 /

(54) Title: DYNAMIC PRESSURE BEARING DEVICE

(54) 発明の名称: 動圧軸受装置



(57) Abstract: A dynamic pressure bearing device enabling the increase of the wear resistance of a thrust bearing part, wherein a shaft member (2) is rotatably supported in the thrust direction by generating a pressure by the dynamic pressure action of a lubricating oil in the clearance (C) of a thrust bearing between a thrust bearing surface (11a) with a dynamic pressure groove and a smooth thrust receiving surface (11b). The thrust receiving surface (11b) is formed in a flat surface, a tilted surface (17) is formed on the thrust bearing surface (11a), and a reduction part (15) formed by decreasing the axial width thereof toward the outer diameter side thereof is formed in the clearance (C) of the thrust bearing.

(57) 要約: 本発明は、スラスト軸受部の耐摩耗性向上させることを目的とするものである。動圧溝を有するスラスト軸受面 11a と平滑なスラスト受け面 11b との間のスラスト軸受隙間 C に潤滑油の動圧作用で圧力を発生し、軸部材 2 をスラスト方向で回転自在に支持する。スラスト受け面 11b を平坦面とする一方、スラスト軸受面 11a に傾斜面 17 を設け、スラスト軸受隙間 C に、外径側ほどその軸方向幅を小さくした縮小部 15 を設ける。

WO 2005/098250 A1



(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ,

BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 國際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

動圧軸受装置

技術分野

[0001] 本発明は、動圧軸受装置に関する。この軸受装置は、情報機器、例えばHDD、FD等の磁気ディスク装置、CD-ROM、DVD-ROM等の光ディスク装置、MD、MO等の光磁気ディスク装置などのスピンドルモータ、レーザビームプリンタ(LBP)のポリゴンスキャナモータ、あるいは電気機器、例えば軸流ファンなどの小型モータ用として好適である。

背景技術

[0002] 上記各種モータには、高回転精度の他、高速化、低コスト化、低騒音化などが求められている。これらの要求性能を決定づける構成要素の一つに当該モータのスピンドルを支持する軸受があり、近年では、この種の軸受として、上記要求性能に優れた特性を有する動圧軸受装置の使用が検討され、あるいは実際に使用されている。

[0003] この動圧軸受装置の一例として、特開2002-61641号公報には、有底筒状のハウジングと、ハウジングの内周に固定された軸受部材と、軸受部材の内周面に挿入された軸部材と、軸部材と軸受スリーブの相対回転時に生じる動圧作用で軸部材を回転自在に非接触支持するラジアル軸受部およびスラスト軸受部を備えるものが開示されている。

[0004] ラジアル軸受部およびスラスト軸受部のうち、スラスト軸受部は、軸部材のフランジ部両端面とこれに対向するハウジング底面および軸受スリーブの端面との間のスラスト軸受隙間にそれぞれ油の動圧作用で圧力を発生させて、軸部材をスラスト方向に非接触支持するものである。

[0005] ところで、この種の動圧軸受装置では、その起動・停止時に回転側の部材と固定側の部材とが高速で摺動することが避けられない。そのため、モータを頻繁に起動・停止させる情報機器、例えばHDD-DVDレコーダや携帯電話用の記憶装置をはじめとするコンシューマ機器に使用する動圧軸受装置においては、使用条件等によって繰返しの起動・停止による摺動面の摩耗が問題となる場合があり、耐摩耗性のさらな

る向上が望まれる。特にフランジ部を樹脂で形成した場合には、金属同士を摺動させる場合に比べて摩耗が進行しやすく、摩耗粉の影響により軸受性能が短期間に低下するおそれがある。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0006] そこで、本発明は、スラスト軸受部の摩耗を抑制することのできる動圧軸受装置の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的の達成のため、本発明では、固定側部材と、回転側部材と、固定側部材と回転側部材のうち、何れか一方の部材に形成され、複数の動圧溝を配列した動圧溝領域を含むスラスト軸受面と、他方の部材に設けられ、スラスト軸受面と軸方向で対向するスラスト受け面と、スラスト軸受面とスラスト受け面との間に形成され、回転側部材の回転時に流体の動圧作用で圧力を発生させ、この圧力で回転部材をスラスト方向に非接触支持するスラスト軸受隙間とを備えるものにおいて、スラスト軸受隙間に、外径側ほどその軸方向幅を小さくした縮小部を設け、縮小部に面して複数の動圧溝を設け、動圧溝のポンピング能力を縮小部の最外径部で最も大きくした。

[0008] これにより、縮小部の最外径部の周速度の大きい箇所が最小幅となり、かつこの部分で動圧溝のポンピング能力が最大となるので、接触開始回転速度を低くすることができ、これによりモータの起動・停止時におけるスラスト軸受面とスラスト受け面の接触時間を短くすることが可能となる。

[0009] このスラスト軸受隙間は、縮小部のスラスト軸受面およびスラスト受け面のうち、少なくとも何れか一方を傾斜面とすることにより得ることができる。

[0010] また、上記目的の達成のため、本発明にかかる動圧軸受装置は、軸部およびフランジ部を有する軸部材と、フランジ部の端面とこれに対向する面との間のスラスト軸受隙間に流体の動圧作用により圧力を発生させ、この圧力で軸部材をスラスト方向に非接触支持するスラスト軸受部とを備える動圧軸受装置において、スラスト軸受隙間に面するフランジ部端面を樹脂で形成すると共に、当該端面の少なくともスラスト軸受隙間に面する部分を、外径側が対向面に接近する傾斜面とした。これにより、フランジ部

ンジ部の端面のうち、スラスト軸受隙間に面する部分の最外径部がスラスト軸受隙間の最小幅となる。この部分はスラスト軸受隙間のうちで最も周速が速い部分である。この場合、この最小幅部で動圧溝等の動圧発生手段によるポンピング能力が高まるので、モータの起動・停止時におけるスラスト軸受面とスラスト受け面の接触時間を短くすることができ、これによりスラスト軸受部での摩耗を抑制することが可能となる。傾斜面は、平坦なテーパ面とする他、曲面状であってもよい。

- [0011] フランジ部端面の傾斜面は、軸部材の樹脂部分が硬化する際に生じるヒケの差を利用して形成することもできる。例えばスラスト軸受隙間に面するフランジ部端面の内径側を厚肉の樹脂で形成すると共に、その外径側をこれよりも薄肉(厚肉・薄肉は軸方向の肉厚で区別する)の樹脂で形成した場合、樹脂の硬化時には、外径側に比べて内径側で軸方向のヒケ量が大きくなるため、このヒケ量の差によりフランジ部の端面に傾斜面を設けることができる。
- [0012] 軸部材に、軸部の外周面を形成する外軸部と、外軸部の内周に配置された内軸部とを設け、外軸部を金属で形成すると共に、内軸部およびフランジ部を樹脂で一体に形成すれば、フランジ部の内径側は、外径側に比べて内軸部が存在する分だけ厚肉の樹脂で形成されることになる。従って、フランジ部の内径側と外径側でヒケ量の差を生じさせ、これによりフランジ部の端面に傾斜面を形成することができる。
- [0013] 以上の構成においては、動圧効果の低下等を避けるため、傾斜面の半径方向幅をr、傾斜面の高さをhとし、 $h/r \leq 0.01$ に設定するのが望ましい。
- [0014] 以上に述べた動圧軸受装置と、回転側部材に取り付けたロータマグネットと、固定側部材に取り付けたステータコイルとを有するモータは、高回転精度でありながらも高い耐久性を有し、情報機器用のモータとして好適なものとなる。
- [0015] 以上の説明からも明らかのように、本発明によれば、スラスト軸受部における摩耗を抑制することができるので、動圧軸受装置の耐久性向上を図ることができる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]本発明にかかる動圧軸受装置を使用したスピンドルモータの断面図である。
- [図2]上記動圧軸受装置の断面図である。
- [図3]スラスト軸受面(スラストプレートの上端面)の平面図である。

[図4]下側のスラスト軸受部を概略図示する拡大断面図である。

[図5]比較品のスラスト軸受部を概略図示する拡大断面図である。

[図6]傾斜面の他例を示す断面図である。

[図7]接触開始回転速度の理論計算結果を示す図である。

[図8]軸部材の断面図、およびその要部拡大図である。

[図9]スラスト軸受部の動圧溝領域の平面図、およびスラスト軸受隙間における圧力分布図である。

発明を実施するための最良の形態

[0017] 以下、本発明の実施形態について説明する。

[0018] 図1は、動圧軸受装置1を組んだ情報機器用スピンドルモータの一例として、HDD等のディスク駆動装置に用いられるスピンドルモータを示している。このモータは、動圧軸受装置1と、動圧軸受装置1の軸部材2に取り付けられた回転部材3(ディスクハブ)と、例えば半径方向のギャップを介して対向させたステータコイル4およびロータマグネット5と、ブラケット6とを備えている。ステータコイル4はブラケット6の外周に取り付けられ、ロータマグネット5は、ディスクハブ3の内周に取り付けられている。ディスクハブ3は、その外周に磁気ディスク等のディスクDを一枚または複数枚保持する。ブラケット6の内周に動圧軸受装置1のハウジング7が装着されている。ステータコイル4に通電すると、ステータコイル4とロータマグネット5との間に発生する励磁力でロータマグネット5が回転し、それに伴ってディスクハブ3、さらには軸部材2が回転する。

[0019] 図2に上記動圧軸受装置1の一例を示す。この動圧軸受装置1は、軸部材2をラジアル方向で支持するラジアル軸受部R1・R2と、軸部材2をスラスト方向で支持するスラスト軸受部T1・T2とを具備しており、ラジアル軸受部R1・R2、およびスラスト軸受部T1・T2の何れも動圧軸受で構成されている。動圧軸受は、回転側部材と固定側部材の何れか一方に動圧溝を有する軸受面を形成すると共に、他方に軸受面と対向させて平滑な受け面を形成し、回転側部材の回転時に軸受面と受け面との間の軸受隙間に流体の動圧作用で圧力を発生させ、回転側部材を非接触状態で回転自在に支持する。

[0020] 以下、この動圧軸受装置1の具体的構成を説明する。

[0021] 図2に示すように、本実施形態にかかる動圧軸受装置1は、一端に開口部7aを有する有底円筒状のハウジング7と、ハウジング7の内周面に固定された円筒状の軸受スリーブ8と、軸部材2と、ハウジング7の開口部7aに固定されたシール部材10とを主要な軸受構成部材として含む。なお、以下では、説明の便宜上、ハウジング7の開口側を上側、これと軸方向反対側を下側として説明を進める。

[0022] ハウジング7は、円筒状の側部7bと底部7cとを備える有底円筒状に形成される。この実施形態において、底部7cは、側部7bとは別部材の薄肉円盤状のスラストプレートで構成される。このスラストプレート7cを側部7bの下側開口部に接着・圧入またはこれらを併用して取り付けることにより、一方の端部を封口したハウジング7が形成される。ハウジング7の底部7cは側部7bと一体化してもよい。ハウジング7の側部7bおよび底部7cは、金属材料および樹脂材料の何れでも形成することができる。

[0023] 軸部材2は、例えば、その全体がステンレス鋼(SUS420J2)等の金属材で形成され、軸部2aと、軸部2aの下端で外径側に張り出したフランジ部2bとを一体に又は別体に有するものである。フランジ部2bの下端面2b1は、スラストプレート7cの上端面7c1と対向し、フランジ部2bの上端面2b2は、軸受スリーブ8の下端面8cと対向している。フランジ部2bの下端面2b1および上端面2b2は、後述するようにスラスト受け面11b、13bとして機能する。

[0024] 本実施形態において、スラストプレート7cの上端面7c1のうち、フランジ部2bの下端面2b1との対向部分が下側のスラスト軸受部T1のスラスト軸受面11aとなる。このスラスト軸受面11aの一部領域、例えば半径方向の中央部付近には、図3に示すように、複数の動圧溝P1と、動圧溝P1間で丘を形成する背部P2とをスパイラル状に配列した環状の動圧溝領域Pが形成される。この動圧溝領域Pの加工法は任意であるが、低コストに精度よく成形可能なプレス加工が望ましい。この場合、プレス加工時の加工性向上を図るため、スラストプレート7cは、金属材料の中でも柔らかくて降伏応力の小さいもの、例えば銅合金(真ちゅう、砲金、鉛青銅、リン青銅等)やアルミ(A2種～7種)で形成するのが望ましい。

[0025] 軸受スリーブ8は、例えば多孔質材、特に銅を主成分とする焼結金属に潤滑油(又

は潤滑グリース)を含浸させた含油焼結金属で円筒状に形成される。軸受スリーブ8の内周面8aには、第一ラジアル軸受部R1と第二ラジアル軸受部R2のラジアル軸受面が軸方向に離隔して設けられ、この二つの領域には、例えばヘリングボーン形状の動圧溝がそれぞれ形成される。なお、動圧溝の形状として、スパイラル形状や軸方向溝形状等を採用しても良く、また、動圧溝を有するラジアル軸受面は、軸部材2の軸部2a外周面に形成してもよい。さらに軸受スリーブ8は、多孔質材以外にも、例えば真鍮や銅合金等の軟質金属で形成することもできる。

[0026] 本実施形態において、軸受スリーブ8の下端面8cは、上側のスラスト軸受部T2のスラスト軸受面13aとなる。このスラスト軸受面13aには複数の動圧溝をスパイラル形状に配列した環状の動圧溝領域(図示省略)が形成される。

[0027] 図2に示すように、シール部材10は環状のもので、ハウジング7の開口部7aの内周面に圧入、接着等の手段で固定される。この実施形態において、シール部材10の内周面10aは円筒状に形成され、シール部材10の下端面は軸受スリーブ8の上端面8bと当接している。

[0028] 軸部材2の軸部2aは軸受スリーブ8の内周面8aに挿入され、フランジ部2bは軸受スリーブ8の下端面8cとスラストプレート7cの上端面7c1との間の空間部に収容される。軸部2aのテーパ面2a1はシール部材10の内周面10aと所定の隙間を介して対向し、これにより、両者の間に、ハウジング7の外部方向(同図で上方向)に向かって漸次拡大するテーパ形状のシール空間Sが形成される。軸部材2の回転時、軸部2aのテーパ面2a1は、いわゆる遠心力シールとしても機能する。シール部材10で密封されたハウジング7の内部空間(軸受部材8の内部の気孔も含む)には潤滑油が充満され、その油面はシール空間S内にある。シール空間Sは、このようなテーパ状の空間とする他、軸方向で同径の円筒状の空間とすることもできる。

[0029] 以上の実施形態においては、モータの回転時に軸部材2が回転側部材となり、ハウジング7、軸受スリーブ8、およびシール部材10が固定側部材となる。モータの回転によって軸部材2が回転すると、ラジアル軸受部R1、R2において、軸受スリーブ8内周のラジアル軸受面と、これに対向する軸部2a外周面(ラジアル受け面)との間のラジアル軸受隙間に潤滑油の動圧作用によって圧力が発生し、軸部材2の軸部2aが

ラジアル方向に回転自在に非接触支持される。また、下側のスラスト軸受部T1において、スラストプレート7cの上端面7c1(スラスト軸受面11a)に形成した動圧溝領域Pと、これに対向するフランジ部2bの下端面2b1(スラスト受け面11b)との間のスラスト軸受隙間に潤滑油の動圧作用によって圧力が発生し、同時に上側のスラスト軸受部T2において、軸受スリーブの下端面8c(スラスト軸受面13a)に形成した動圧溝領域(図示省略)と、これに対向するフランジ部2bの上側端面2b2(スラスト受け面13b)との間のスラスト軸受隙間に潤滑油の動圧作用によって圧力が発生するため、軸部材2のフランジ部2bがスラスト方向に回転自在に非接触支持される。

[0030] 動圧溝領域Pを有するスラスト軸受面11a、13aは、以上に述べたようにスラストプレート7cの上端面7c1や軸受スリーブ8の下端面8cに形成する他、フランジ部2bの両端面2b1、2b2の何れか一方、または双方に形成することもできる。この場合、スラストプレート7cの上端面7c1、あるいは軸受スリーブ8の下端面8cに動圧溝のない平滑なスラスト受け面11b、13bが形成される。

[0031] 本発明では、図4に示すように、下側のスラスト軸受部T1のスラスト軸受隙間Cに、その軸方向幅Wを外径側ほど縮小させた縮小部15が形成される(図中のスラスト軸受隙間Cの幅は誇張して描かれている)。図4は、スラスト軸受隙間Cの内径部に均一幅の均一部14を設けると共に、その外径側に縮小部15を設けた実施形態を示す。この縮小部15は、例えば図示のように、スラスト受け面11bを軸方向と直交する方向の平坦面とする一方、スラスト軸受面11aに外径側ほどスラスト受け面11b側に接近する傾斜面17を設けることにより形成することができる。スラスト軸受面11aの動圧溝領域Pは傾斜面17に設けられる。

[0032] このようにスラスト軸受隙間Cに縮小部15を形成することにより、縮小部15の最外径部がスラスト軸受隙間Cの最小幅部Wminとなる。軸部材2の回転中は、この縮小部の最外径部の周速が大きいことから、この部分での動圧溝P1のポンピング能力が大きくなる。動圧溝P1のポンピング能力は、周速だけでなく、動圧溝の溝深さや溝幅にも左右され、一般にこれらが大きくなるほどポンピング能力は増すのであるが、本発明では、溝深さを一定とし、かつ図3に示すように溝幅を外径側ほど僅かに拡大させることで、スパイラル状に配列した動圧溝の外径側ほどポンピング能力を高め、縮小

部の最外径部で最大のポンピング能力が得られるような設計を行っている。

[0033] ポンピング能力の大きさは、スラスト軸受隙間Cにおける圧力分布から理解され得る。図9は、一例として、動圧溝を上段図に示すようにスパイラル状に配列した場合のスラスト軸受隙間Cでの圧力分布を示す。同図において、中段図および下段図の圧力分布を示す線の傾き(圧力勾配)がポンピング能力を表し、圧力勾配が大きいほどポンピング能力が高いことを意味する。例えば本願と同様の縮小部15を設ける一方で、動圧溝の深さを外径側ほど浅くするなどして動圧溝のポンピング能力を半径方向で一定にした場合、中段図に示すように、圧力部分布の立ち上がり部分(符号A)が直線状となり、圧力勾配は一定となる。これに対し、本発明のように(下段図参照)、外径側ほどポンピング能力を高めた場合には、圧力部分布の立ち上がり部分(符号B)は上に凸の曲線状となり、圧力勾配は動圧溝の最外径部で最大となる。従って、ポンピング能力を一定にした場合と比べ、圧力分布は顕著に異なる形となる。なお、何れの場合でもスラスト軸受隙間Cでの最高圧力は均一部14で生じる。

[0034] このように本発明では、周速の最も大きい縮小部の最小幅部で動圧溝のポンピング能力を最大にしているので、低回転速度でも多量の油を内径側に送り込むことができ、軸受装置1の接触開始回転速度を低く抑えることができる。そのため、スラスト軸受面とスラスト受け面との摺動接触によるスラスト軸受部T1での摩耗を抑制することが可能となり、モータの起動・停止頻度が頻繁に行われる用途に好適な動圧軸受装置1を提供することができる。

[0035] ここで、接触開始回転速度とは、それよりも小さい速度ではスラスト軸受面11aとスラスト受け面11bが接触し、それよりも大きい速度では両面11a、11bが非接触となる回転速度をいう。接触開始回転速度が低くなれば、モータの起動直後あるいは停止直前のスラスト軸受面11aとスラスト受け面11bとの接触時間が短くなるので、スラスト軸受部T1での摩耗を抑制することができる。

[0036] かかる効果は、スラスト軸受隙間Cが縮小部15を有する限り得られるものであり、図示のようにスラスト軸受面11aに傾斜面17を設ける他、スラスト軸受面11aを平坦面とする一方、スラスト受け面11bに傾斜面を形成してもよく、あるいはスラスト軸受面11aとスラスト受け面11bの双方に傾斜面を形成してもよい。また、傾斜面17は、図4に示

すように断面がストレートなテープ面とする他、図6に示すように、断面が半径Rの円弧である曲面(二以上の半径の円弧を組み合わせた複合曲面も含む)とすることもできる。

[0037] また、図4では、下側のスラスト軸受部T1のスラスト軸受隙間に縮小部15を設けた場合のみを図示しているが、上側のスラスト軸受部T2のスラスト軸受隙間に同様の縮小部を形成しても同様の効果が得られる。

[0038] 以上の効果を確認するため、本発明品と比較品について、接触開始回転速度の理論計算を行った。ここで、本発明品は、図4に示すように縮小部15を有するスラスト軸受間であり、比較品は、図5に示すように軸方向幅を外径側ほど拡大させた拡大部15'を有するスラスト軸受隙間である(図5では、図4に示す部材と対応する部材に(')の符号を付している)。

[0039] 理論計算は以下の文献を参考に行った。

Jiasheng Zhu and Kyosuke Ono, 1999, "A Comparison Study on the Performance of Four Types of oil Lubricated Hydrodynamic Thrust Bearings for Hard Disk Spindles,"

Transactions of the ASME, Vol.121, JANUARY 1999, pp. 114-120

また、この理論計算で使用した計算条件(DF法、Sommerfeldの境界条件)は以下のとおりである。

[0040]	回転部質量W	6. 5g
	スラスト軸受部外径Do	6. 5mm
	スラスト軸受部内径Di	2. 5mm
	溝深さho	$7 \mu m$
	溝本数k	16
	溝角度 α	30deg
	丘溝比 γ	1
	潤滑油粘度 η	5. 97mPa·S

但し、スラスト軸受隙間の最小幅Wminは $0.05 \mu m$ とした。

[0041] 以上の条件に基く理論計算結果を図7に示す。なお、図中の横軸の「平面度」は、

図4および図5に示す傾斜面17の高さhを表す。

[0042] 図示のように縮小部15を有する本発明品Aは、拡大部15'を有する比較品Bに比べて接触開始回転速度が低く、従って、モータの起動直後あるいは停止直前のスラスト軸受面11aとスラスト受け面11bとの接触時間の短縮化に有効であることが判明した。また、図7の結果から、スラスト軸受面11aの平面度(傾斜面17の高さh)が大きすぎると、接触開始回転速度が大きくなり、却って動圧効果が低減するので、平面度hには上限があると考えられる。この観点から本発明者らが検証したところ、傾斜面17の高さhと半径rの比(h/r)が0.01を越えると接触開始回転速度が著しく上昇することが判明した。従って、 h/r の値は0.01($\theta \approx 0.6^\circ$)以下、望ましくは0.005($\theta \approx 0.3^\circ$)以下とするのがよい。

[0043] 図8に、本発明の他の実施形態を示す。この実施形態では、軸部材2が樹脂と金属の複合構造となっている。樹脂部分は、軸方向に延びる内軸部22と、内軸部22の外径側に張り出したフランジ部2bとを一体成形した構成を有する。内軸部22の外周を被覆する外軸部22が中空円筒状の金属材、例えば耐摩耗性に優れるステンレス鋼で形成されている。樹脂材には、PEEK、PPS、LCP、9Tナイロン等を用いることが可能であり、必要に応じてこれらベース樹脂にガラス繊維、カーボン繊維、導電化剤等の充填材が配合される。特にカーボン繊維を使用する場合には、PAN系のカーボン繊維であって、平均繊維径が1~12 μm、平均繊維長が100~500 μmのものを、配合量5~30vol%の割合でベース樹脂に配合して用いるのが好ましい。

[0044] 金属材で形成された外軸部21と、樹脂材で形成された内軸部22およびフランジ部2bとの分離防止のため、外軸部21の下端では、その端部21aがフランジ部2bに埋め込まれ、外軸部21の上端では、内軸部22と例えばテープ面等からなる係合部を介して軸方向で係合状態にある。外軸部21の回り止めのため、例えば外軸部21の内周面やフランジ部2bに埋め込まれた外軸部21の外周面に、内軸部22やフランジ部2bと円周方向で係合可能の凹凸を設けるのが望ましい。

[0045] 本発明においては、図8に拡大して示すように、フランジ部の2bの下端面2b1に、外径側ほどその対向面(本実施形態ではスラストプレート7cの上端面7c1)に接近させた曲面状の傾斜面17が形成される。このように傾斜面17を形成することにより、動

圧溝領域Pと傾斜面17との間のスラスト軸受隙間Cには、その軸方向幅(隙間幅)が外径側ほど縮小する縮小部15が形成され、その最外径部がスラスト軸受隙間Cの最小幅部Wminとなる。軸部材2の回転中、スラスト軸受隙間Cでは、この最小幅部の周速が最も大きくなることから、上述のように、動圧溝領域Pで生じるポンピング能力が増大し、縮小部15の最外径部で最大のポンピング能力が得られる。これにより、軸受装置1の接触開始回転速度を低く抑えることができ、フランジ部2bの端面2b1とスラストプレート7cの上端面7c1との摺動接触によるスラスト軸受部T1での摩耗を抑制することが可能となる。従って、モータの起動・停止頻度が頻繁に行われる用途でも高い耐久性を確保することができる。

[0046] 傾斜面17の形成方法は任意であり、研磨等の後加工で傾斜面17を形成する他、樹脂部分を成形するための金型の成形面に、傾斜面形状に対応した傾斜部を設けることにより、フランジ部2bや内軸部22等の樹脂部分の射出成形と同時に傾斜面17を形成することもできる。

[0047] 特に本実施形態のように、軸部2aの軸芯部に樹脂を配し、これをフランジ部2bの樹脂と一体化させた場合、フランジ部2bの下端面2b1の内径側では、その外径側に比べて内軸部22の樹脂分だけ軸方向の樹脂厚さが大きくなる。そのため、樹脂が硬化する際の軸方向のヒケは、下端面2b1の内径側で大きく、外径側でこれよりも小さくなる。従って、このヒケ量の差から樹脂の硬化と同時に傾斜面17を形成することができ、この場合、上述の後加工や金型成形面の加工が不要となるので、さらに低コスト化を図ることができる。かかる効果は、少なくとも下端面2b1の内径側の樹脂厚さが外径側よりも大きい場合に得られる。従って、図示例のように軸部2aの全長にわたって樹脂製の内軸部22を形成する他、内軸部22を軸部2aの下側に限定して形成する場合にも同様の効果が期待できる。

[0048] 図8の拡大図では、フランジ部2bの下端面2b1の全体を傾斜面17とした場合を例示しているが、傾斜面17は少なくとも動圧作用を生じるスラスト軸受隙間に面する部分(動圧溝領域Pと対向する部分)に形成されていれば足り、これ以外の部分を例えば傾斜のない平坦面とすることもできる。また、この拡大図では傾斜面17を曲面状としている

が、断面がストレートなテープ面状に形成してもよい。曲面状の傾斜面17は、単一の曲率で形成する他、二以上の曲率を有する複合曲面であってもよい。

[0049] また、図8は、フランジ部2bの下端面2b1に傾斜面17を設けた場合を図示しているが、上側のスラスト軸受部T2を構成する上端面2b2に外径側ほどスラスト軸受隙間の軸方向幅が縮小する同様の傾斜面を形成してもよい。フランジ部2bの下端面2b1および上端面2b2の双方に傾斜面を形成することもできる。

[0050] 本発明は、以上に述べた、フランジ部2bの下側端面2b1とハウジング7の底部7cとの間にスラスト軸受部T1を有する動圧軸受装置1に限らず、スラスト軸受部を動圧軸受で構成した動圧軸受装置一般に広く適用することができる。例えば、スラスト軸受部のスラスト軸受面11aおよびスラスト受け面11bのうち、一方をハウジング7の開口側端面に形成し、他方をこれに対向する回転部材(例えばディスクハブ3)の端面に形成した動圧軸受装置(図示省略)にも同様に本発明を適用することができる。

[0051] また、スラスト軸受面11a, 13aやスラスト受け面11b, 3bに形成する動圧溝領域Pの動圧溝P1は、スパイラル形状のみならず、ヘリングボーン形状に配列することもできる。

[0052] また、ラジアル軸受部R1、R2として、動圧溝を有する動圧軸受を使用した場合を説明したが、ラジアル軸受部R1、R2としては、ラジアル軸受隙間に形成した潤滑油の油膜で軸部材2をラジアル方向に非接触支持するものであれば使用可能であり、例えばラジアル軸受面となる領域が複数の円弧で構成された軸受(円弧軸受)、ステップ軸受の他、ラジアル軸受面となる領域が、動圧溝を有しない断面真円状である軸受(真円軸受)を使用することもできる。

請求の範囲

[1] 固定側部材と、回転側部材と、固定側部材と回転側部材のうち、何れか一方の部材に形成され、複数の動圧溝を配列した動圧溝領域を含むスラスト軸受面と、他方の部材に設けられ、スラスト軸受面と軸方向で対向するスラスト受け面と、スラスト軸受面とスラスト受け面との間に形成され、回転側部材の回転時に流体の動圧作用で圧力を発生させ、この圧力で回転部材をスラスト方向に非接触支持するスラスト軸受隙間とを備えるものにおいて、
スラスト軸受隙間が、外径側ほどその軸方向幅を小さくした縮小部を有し、縮小部に面して複数の動圧溝を設け、動圧溝のポンピング能力を縮小部の最外径部で最も大きくしたことを特徴とする動圧軸受装置。

[2] 縮小部のスラスト軸受面およびスラスト受け面のうち、少なくとも何れか一方が傾斜面である請求項1記載の動圧軸受装置。

[3] 軸部およびフランジ部を有する軸部材と、フランジ部の端面とこれに対向する面との間のスラスト軸受隙間に流体の動圧作用により圧力を発生させ、この圧力で軸部材をスラスト方向に非接触支持するスラスト軸受部とを備える動圧軸受装置において、
スラスト軸受隙間に面するフランジ部端面が樹脂で形成されると共に、当該端面の少なくともスラスト軸受隙間に面する部分が外径側を対向面に接近させた傾斜面であることを特徴とする動圧軸受装置。

[4] スラスト軸受隙間に面するフランジ部端面の内径側を厚肉の樹脂で形成すると共に、その外径側をこれよりも薄肉の樹脂で形成した請求項3記載の動圧軸受装置。

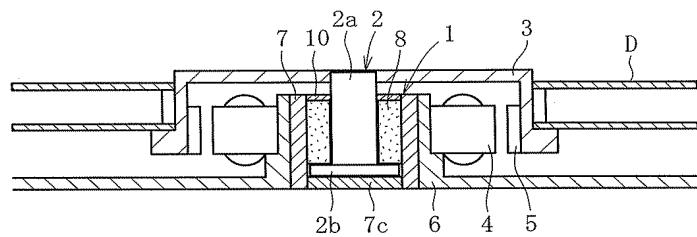
[5] 軸部材が、軸部の外周面を形成する外軸部と、外軸部の内周に配置された内軸部とを備え、外軸部が金属製であると共に、内軸部およびフランジ部が樹脂で一体に形成されている請求項4記載の動圧軸受装置。

[6] 傾斜面の半径方向幅をr、傾斜面の高さをhとし、 $h/r \leq 0.01$ に設定した請求項2記載の動圧軸受装置。

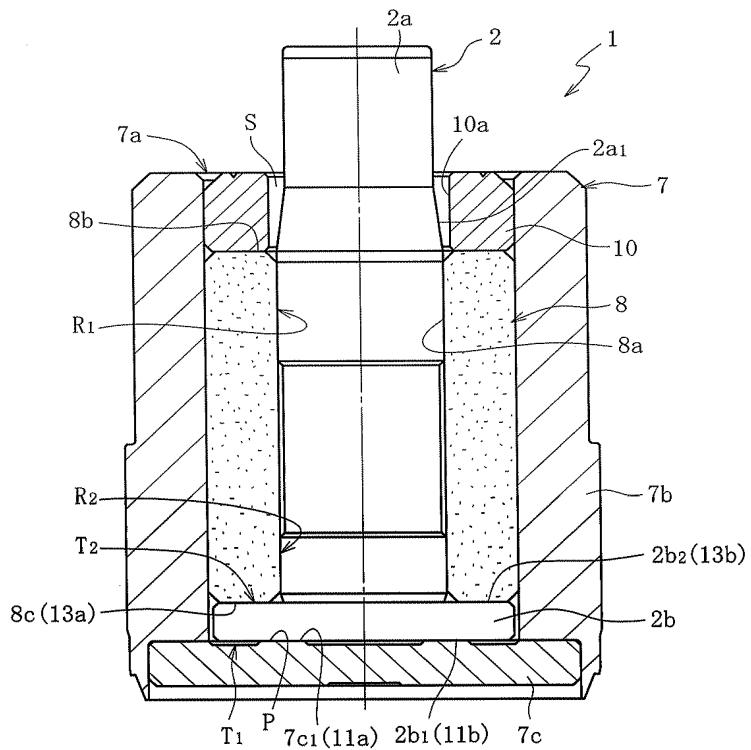
[7] 傾斜面の半径方向幅をr、傾斜面の高さをhとし、 $h/r \leq 0.01$ に設定した請求項3記載の動圧軸受装置。

[8] 請求項1ー7の何れかに記載した動圧軸受装置と、回転側部材に取り付けたロータマグネットと、固定側部材に取り付けたステータコイルとを有するモータ。

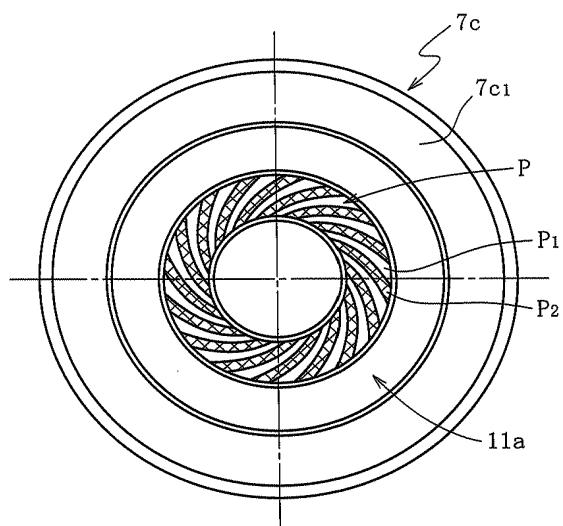
[図1]



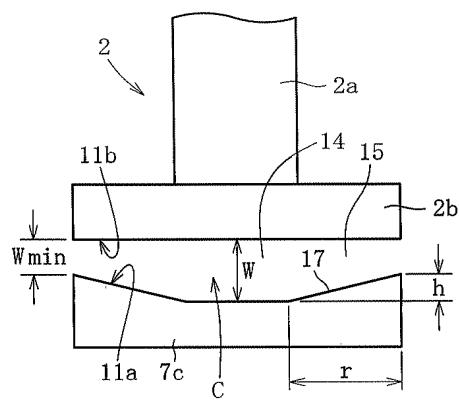
[図2]



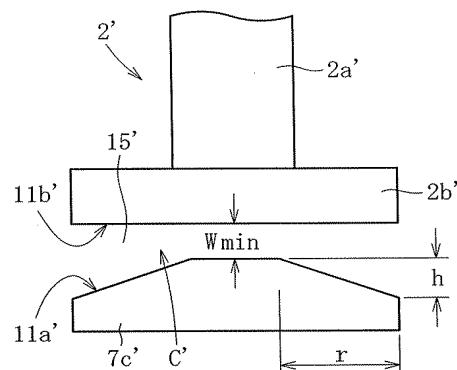
[図3]



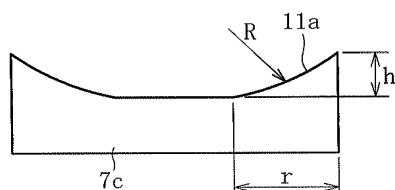
[図4]



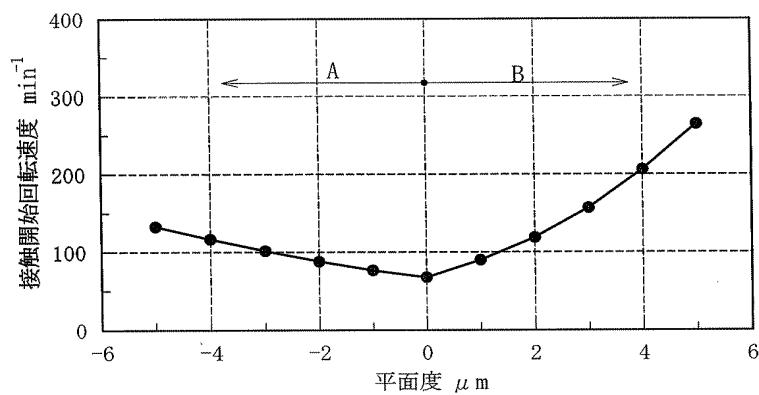
[図5]



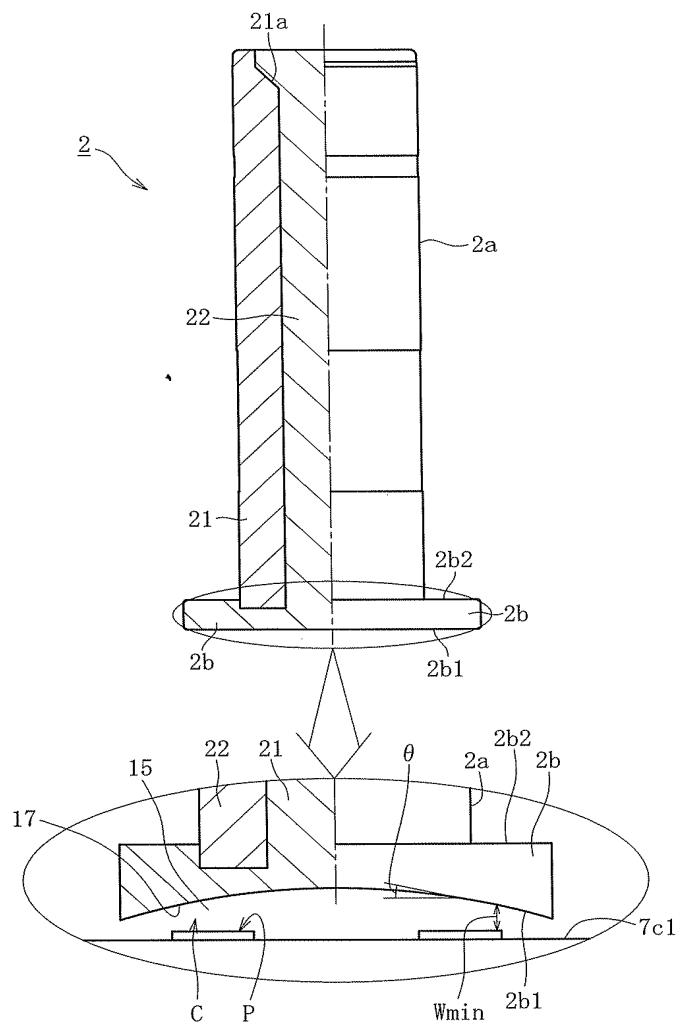
[図6]



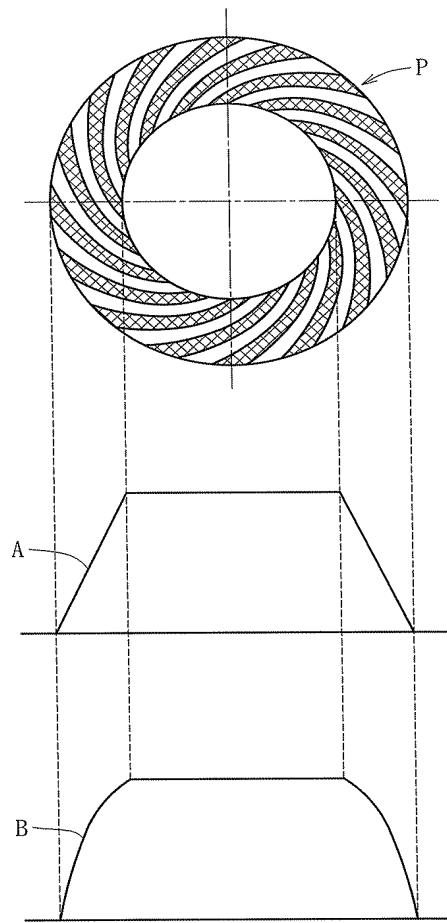
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/004772

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F16C17/04, H02K5/167, H02K7/08, G11B19/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F16C17/04, H02K5/167, H02K7/08, G11B19/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-32828 A (Seiko Instruments Inc.), 06 February, 2001 (06.02.01), Par. No. [0013]; Fig. 1 (Family: none)	1, 2, 6, 8
Y	JP 2-186117 A (Hitachi, Ltd.), 20 July, 1990 (20.07.90), Page 6, lower left column, line 18 to lower right column, line 8; Figs. 1, 2 (Family: none)	1, 2, 6, 8
Y	JP 2-278007 A (NSK Ltd.), 14 November, 1990 (14.11.90), Full text (Family: none)	1, 2, 6, 8

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 April, 2005 (27.04.05)

Date of mailing of the international search report
17 May, 2005 (17.05.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/004772

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-269691 A (Sony Corp.), 09 October, 1998 (09.10.98), Figs. 1 to 3 (Family: none)	3, 4, 7
Y	JP 2001-254727 A (Koyo Seiko Co., Ltd.), 21 September, 2001 (21.09.01), Figs. 6, 7 & US 2001/22870 A1 Figs. 6, 7	3, 4, 7
Y	JP 2001-221232 A (NOK Corp.), 17 August, 2001 (17.08.01), Full text (Family: none)	3, 4, 7
P, X	JP 2004-324684 A (Koyo Seiko Co., Ltd.), 18 November, 2004 (18.11.04), Par. Nos. [0009], [0011], [0017] to [0020]; Figs. 3, 6, 7 (Family: none)	1, 2
A	JP 7-332353 A (NSK Ltd.), 22 December, 1995 (22.12.95), Full text (Family: none)	5
A	JP 2002-339957 A (Sankyo Seiki Mfg. Co., Ltd.), 27 November, 2002 (27.11.02), Full text & US 2002/172438 A1 Full text	5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl.7 F16C17/04, H02K5/167, H02K7/08, G11B19/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl.7 F16C17/04, H02K5/167, H02K7/08, G11B19/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2001-32828 A (セイコーインスツルメンツ株式会社) 2001. 02. 06, 段落【0013】，第1図 (ファミリーなし)	1, 2, 6, 8
Y	J P 2-186117 A (株式会社日立製作所) 1990. 07. 20, 第6ページ左下欄第18行—右下欄第8行, 第1図, 第2図 (ファミリーなし)	1, 2, 6, 8

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 27.04.2005	国際調査報告の発送日 17.05.2005
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/JP） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） ▲高▼辻 将人 電話番号 03-3581-1101 内線 3328 3 J 9823

C(続き) . 関連すると認められる文献		関連する請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	J P 2-278007 A (日本精工株式会社) 1990. 11. 14, 全文 (ファミリーなし)	1, 2, 6, 8
Y	J P 10-269691 A (ソニー株式会社) 1998. 10. 09, 第1—3図 (ファミリーなし)	3, 4, 7
Y	J P 2001-254727 A (光洋精工株式会社) 2001. 09. 21, 第6図, 第7図 & US 2001/22870 A1, 第6図, 第7図	3, 4, 7
Y	J P 2001-221232 A (エヌオーケー株式会社) 2001. 08. 17, 全文 (ファミリーなし)	3, 4, 7
P X	J P 2004-324684 A (光洋精工株式会社) 2004. 11. 18, 段落【0009】,【0011】,【0017】 —【0020】, 第3図, 第6図, 第7図 (ファミリーなし)	1, 2
A	J P 7-332353 A (日本精工株式会社) 1995. 12. 22, 全文 (ファミリーなし)	5
A	J P 2002-339957 A (株式会社三協精機製作所) 2002. 11. 27, 全文 & US 2002/172438 A1, 全文	5